

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 5 月 2 9 日
Date of Application:

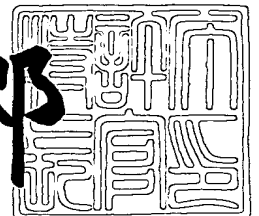
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 5 3 1 8 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 5 3 1 8 4]

出 願 人 三 菱 電 機 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 7 月 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



【書類名】 特許願

【整理番号】 543456JP01

【提出日】 平成15年 5月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G08G 1/00

【発明者】

 【住所又は居所】 ドイツ国、7 6 1 3 7 カールスルーエ、リッターシュ
 トラーセ 2 9

 【氏名】 マーカス ヒーマー

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会
 社内

 【氏名】 松永 隆徳

【特許出願人】

 【識別番号】 000006013

 【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100057874

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 曾我 道照

【選任した代理人】

 【識別番号】 100110423

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 曾我 道治

【選任した代理人】

 【識別番号】 100084010

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 古川 秀利

【選任した代理人】

【識別番号】 100094695

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 憲七

【選任した代理人】

【識別番号】 100111648

【弁理士】

【氏名又は名称】 梶並 順

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 000181

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 車両及び運転者の挙動解析システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車載電気機器の動作情報、車載データネットワークを介して得られるデータ、及び車両を構成する電気装置から得られる付加情報を内部で演算可能な形式に変換を行うデータ前処理手段と、

前記データ前処理手段からの前処理済データに基づいて車両搭載センサでは測定できない変数を推定する車両モデル／推定手段と、

前記データ前処理手段からの前処理済データ、及び前記車両モデル／推定手段からの推定された変数を共通の時刻管理情報に統合して事故のシナリオを再現するモデルベース再現手段と、

前記モデルベース再現手段により再現された事故のシナリオに基づいて車両、及び運転者の挙動を査定する査定手段と

を備えたことを特徴とする車両及び運転者の挙動解析システム。

【請求項 2】 前記データ前処理手段は、

前記車載電気機器の動作情報、及び前記車両を構成する電気装置から得られる付加情報の信号レベルをマイクロプロセッサで使用する信号レベルに変換する信号変換部と、

前記車載データネットワークから得られるデータを復号する信号復号部と、

前記信号変換部及び前記信号復号部の少なくともいずれかからの信号のフィルタ処理を行うフィルタ処理部と、

前記信号変換部からのアナログ信号をデジタル信号に変換するアナログ／デジタル変換部と

を含むことを特徴とする請求項 1 記載の車両及び運転者の挙動解析システム。

【請求項 3】 前記車両モデル／推定手段は、

前記データ前処理手段からの前処理済データに基づいて、車両に搭載されるセンサでは測定できない変数として、車両の重心速度を求める車速推定部と、

前記データ前処理手段からの前処理済データに基づいて、車両の動力伝達機構を数式として構築した駆動モデルを用いて駆動トルクを求める駆動モデル部と、

前記前処理済データ、前記車両の重心速度、及び前記駆動トルクに基づいて、車両に搭載されるセンサでは測定できない変数として、車両の重量を推定する車重推定部と、

前記前処理済データ、及び前記車両の重心速度に基づいて、車輪を数式として構築した車輪モデルを用い、車両に搭載されるセンサでは測定できない変数として、タイヤの横すべり角と車輪に作用する力を計算する車輪モデル部と、

前記前処理済データ、前記車両の重心速度、前記車両の重量、及び前記車輪に作用する力に基づいて、走行時における車両の状態を数式として構築した状態空間モデルを用い、車両に搭載されるセンサでは測定できない変数として、車体の横すべり角を導出する状態空間モデル部と

を含むことを特徴とする請求項 1 記載の車両及び運転者の挙動解析システム。

【請求項 4】 前記モデルベース再現手段は、

前記データ前処理手段からの前処理済データのうち、経時的な運転者の操作による信号を再現する信号状態再現部と、

前記データ前処理手段からの前処理済データ、前記車両モデル／推定手段からの推定された変数、及び外部から入力されたデータに基づいて経時的な車両の軌跡及び向きを再現する軌跡再現部と、

前記データ前処理手段からの前処理済データ、前記車両モデル／推定手段からの推定された変数、及び外部から入力されたデータに基づいて車両状態を表す経時的な変数を求める車両状態変数再現部と、

前記データ前処理手段からの前処理済データ、前記車両モデル／推定手段からの推定された変数、及び外部から入力されたデータに基づいて経時的な車両の周辺環境を再現する車両周辺環境再現部と

を含むことを特徴とする請求項 1 記載の車両及び運転者の挙動解析システム。

【請求項 5】 前記査定手段は、

前記モデルベース再現手段により再現された事故のシナリオに基づいて運転者の操作及び挙動を査定する運転者査定手段と、

前記モデルベース再現手段により再現された事故のシナリオに基づいて車両の挙動を査定する車両挙動査定手段と、

前記モデルベース再現手段により再現された事故のシナリオに基づいて車両周辺環境を査定する車両周辺環境査定手段と、

前記運転者査定手段による運転者の操作及び挙動と、前記車両挙動査定手段による車両の挙動と、前記車両周辺環境査定手段による車両周辺環境との関連を評価する関連評価手段と

を含むことを特徴とする請求項 1 記載の車両及び運転者の挙動解析システム。

【請求項 6】 前記データ前処理手段、及び前記車両モデル／推定手段は、車内において実行され、かつ

前記車両モデル／推定手段は、リアルタイムで実行され、

前記モデルベース再現手段、及び前記査定手段は、車外において実行されることを特徴とする請求項 1 記載の車両及び運転者の挙動解析システム。

【請求項 7】 前記データ前処理手段、及び前記車両モデル／推定手段は、車内において実行され、

前記モデルベース再現手段、及び前記査定手段は、車外において実行されることを特徴とする請求項 1 記載の車両及び運転者の挙動解析システム。

【請求項 8】 前記データ前処理手段は、車内において実行され、前記車両モデル／推定手段、前記モデルベース再現手段、及び前記査定手段は、車外において実行される

ことを特徴とする請求項 1 記載の車両及び運転者の挙動解析システム。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、一般的には事故再現システムに関し、特に、危機的な運転状況を解析および査定するシステムに関するものである。

【 0 0 0 2】

【従来の技術】

今日、最新の車両において、乗員の安全性を高めるために多大な努力がなされている。エアバッグシステムおよび車体構造の改良に加えて、制御システムの果たす役割は大きくなってきている。ブレーキの電子制御システム、すなわち車両

安定制御（VDC：vehicle dynamics control）は、最新の車両において搭乗者の安全性を著しく高めた。なお、関連の先行技術文献として、非特許文献 1、2、3、4 及び 5 がある。

【0 0 0 3】

VDC システムの普及に伴い、事故の数秒前の事象を再現することが難しくなるといふ弊害がある。路面のブレーキ痕が見当たらないことは非常に多い。ブレーキ痕は事故再現の専門家が調査する際の重要な手段であるため、犯罪であるか否かの問題に明確に答えることができないのである。

【0 0 0 4】

さらに、保険金詐欺の数は増加傾向にある。今日では、ドイツの保険金がらみの全事象のうち 1 0 % は人為的操作によるものであり、ドイツの年間財政損失は 1 0 億ドルを超えると推定される。

【0 0 0 5】

事故再現のための既存のシステム、すなわち、いわゆるイベントデータレコーダ（EDR：event data recorder）は、専用に搭載されたセンサによって得られる測定情報のみを用いる（例えば、特許文献 1 参照）か、または車両のエアバッグシステムを用いている。

【0 0 0 6】

別のシステムは、一組の微分方程式を解くことによって車両の動きを再構築する（例えば、特許文献 2 参照）。

【0 0 0 7】

【特許文献 1】

独国特許発明第 1 9 5 0 9 7 1 1 号明細書（第 1 頁－第 3 頁）

【特許文献 2】

独国特許発明第 4 1 3 2 9 8 1 号明細書（第 1 頁－第 4 頁、図 1－図 3）

【非特許文献 1】

M. Burckhardt. 「Radschlupf-Regelsysteme」 Vogel Fachbuchgruppe: Fahrwerktechnik. Vogel Buchverlag, Wuerzburg, 1st edition, 1993

【非特許文献 2】

S. L. Miller et al. 「Calculating longitudinal and lateral wheel slip and tire parameters using GPS velocity」 Proceedings of the American Control Conference, Society of Automotive Engineers (SAE), Arlington, VA, USA, 2001

【非特許文献 3】

U. Kiencke and L. Nielsen. 「Automotive Control Systems」 Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2000

【非特許文献 4】

M. Mischke. 「Dynamik der Kraftfahrzeuge」 Band A: Antrieb und Bremsen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2nd edition, 1988

【非特許文献 5】

M. Mischke. 「Dynamik der Kraftfahrzeuge」 Band C: Fahrverhalten. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2nd edition, 1990

【0 0 0 8】

【発明が解決しようとする課題】

上述したような従来のシステムでは、事故等の危険な運転状況を定量的に解析し、評価するために必要なすべての情報を記録することができないという問題点があった。

【0 0 0 9】

この発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、第 1 の目的は、事故等の危険な運転状況を完全に解析するために必要な情報を記録することができる車両及び運転者の挙動解析システムを得るものである。

【0 0 1 0】

また、第 2 の目的は、主に事故再現のために使用するが、それに加えて、交通規則違反の証明、または必ずしも事故に至らなかった不安定な運転状況の解析の手段としても使用することができる車両及び運転者の挙動解析システムを得るものである。

【0 0 1 1】

【課題を解決するための手段】

この発明に係る車両及び運転者の挙動解析システムは、車載電気機器の動作情報、車載データネットワークを介して得られるデータ、及び車両を構成する電気装置から得られる付加情報を内部で演算可能な形式に変換を行うデータ前処理手段と、前記データ前処理手段からの前処理済データに基づいて車両搭載センサでは測定できない変数を推定する車両モデル／推定手段と、前記データ前処理手段からの前処理済データ、及び前記車両モデル／推定手段からの推定された変数を共通の時刻管理情報に統合して事故のシナリオを再現するモデルベース再現手段と、前記モデルベース再現手段により再現された事故のシナリオに基づいて車両、及び運転者の挙動を査定する査定手段とを設けたものである。

【0012】**【発明の実施の形態】**

実施の形態 1.

この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムについて図面を参照しながら説明する。図 1 は、この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの構成を示す図である。なお、各図中、同一符号は同一又は相当部分を示す。

【0013】

図 1 において、車両モデル／推定装置（車両モデル／推定手段）30 および査定装置（査定手段）70 は、本システム 10 の中核を構成する。この車両モデル／推定装置 30 において実行されるアルゴリズムによって、事故再現のために重要な測定不可能な変数を求めることができる。開示される本システム 10 では、微分方程式の解が得られるだけでなく、さらに、推定手法を用いて状態および車両の重量等のパラメータも得られる。たとえば、車両の重量が推定されると、これによりその車両が過荷重であるか否かを判定することができる。さらに、摩擦係数を求めて、車両の周辺環境についての情報を導出することができる。またさらに、車両の対地速度および車体の横すべり角により、危機的な運転状況における車両状態についての情報が得られる。

【0014】

車両及び運転者の挙動解析システム 10 は、以下の 2 つの理由により、常に測定誤差（雑音、オフセット、ドリフト等）を受ける測定可能なセンサ情報のみを用いるシステムよりも、より正確なデータを得ることができる。

【0015】

第 1 に、本システム 10 は、既存の冗長性も用いる。たとえば、車輪速と加速度信号との組み合わせを用いることにより、前後方向の車両の移動量の測定を改善することができる。

【0016】

第 2 に、システム 10 内で使用される車両モデルは、（モデル自体に隠された事前の知識により）さらにフィルタのように動作する。これは、フィルタリング効果により、より高い精度を達成できることを意味する。

【0017】

これらの理由に関して、システム 10 により、事故のシナリオのより正確な再現が保証される。しかしながら、車両及び運転者の挙動解析システム 10 は、単に車両の挙動再現という分野における現状の「技術状態」を改善するだけではない。車両モデル／推定装置 30 およびモデルベース再現装置（モデルベース再現手段）50 からのデータに基づいて、危機的な運転状況における車両および運転者の挙動を、さらに査定することができる。この新たな過程は査定装置 70 において実行され、この過程は、事故の数秒前を明らかにすることを助け、既存の EDR システムを改良する。これは、既存の EDR システムが車両の移動を描写することに限られているからである。

【0018】

危機的な運転状況における車両および運転者の挙動の解析に対し、重要な作用がいくつかある。

【0019】

まず、車両ダイナミクスおよびその軌跡を正確に描写する必要がある。それゆえ、事故再現のために重要ないくつかの測定不可能な変数を求めなければならない。危機的な運転状況における運転者の挙動について推論することもまた必要である。運転者が事故前に適切な行動をとらないことは非常によくある。したがっ

て、運転者の入力进行分析すること、およびそれにより得られる車両ダイナミクスにより運転者の挙動を査定することは、本システム 1 0 の基本的な要件である。

【 0 0 2 0 】

最後に、車両の周辺環境は、道路交通における車両および運転者の挙動に著しく影響を及ぼす。したがって、事故前後の車両の周囲の現場の状態について推論する必要がある。

【 0 0 2 1 】

つぎに、この実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの詳細な動作について図面を参照しながら説明する。

【 0 0 2 2 】

本システム 1 0 は、車両において入手可能なデータを取得する。前照灯（ヘッドライト）、尾灯（テールライト）、ブレーキ、フォグランプ、後退灯（back light）、方向指示器、ハザードランプ、ハイビームの状態が、電気機器 2 によって提供される。しかしながら、ワイヤハーネス 1 2 から利用可能であるのはライトの情報だけではない。さらに、チェックランプ（check lamp）やワイパー、クラクションの状態が記録され得る。緊急車両の場合には、非常灯と救急サイレン（ambulance horn）の状態が重要であるかもしれない。

【 0 0 2 3 】

信号は、通常、マイクロプロセッサに印加できる最大電圧よりも高い電圧を有するため、ワイヤハーネス 1 2 から信号を受信した後に、データ前処理装置（データ前処理手段） 2 0 において事前に前処理する必要がある。

【 0 0 2 4 】

今日の最新車両には、1 つまたは複数の車載データネットワーク 4 が装備されている。多くの場合、そのような通信ネットワークは、CAN（Controller Area Network：コントローラエリアネットワーク）に代表される。

【 0 0 2 5 】

本システム 1 0 は、利用可能なセンサ情報を CAN バス 1 4 からデータ前処理装置 2 0 に読み込む。しかしながら、本システム 1 0 は、他のいかなる車載データネットワークからのデータも読み取ることが可能であり、CAN バス 1 4 に限

られない。また、本システム 1 0 は、車両のエンジン制御装置（E C U : Engine Control Unit）から直接データを取得することができる。

【 0 0 2 6 】

最後に、本システム 1 0 は、例えばエアバッグシステムや A B S システムのような車両を構成する電気装置から、付加情報 6 が個々の導線 1 6 を介して取得する。この情報の全てが、データ前処理装置 2 0 に入力され、ここで信号が C P U 内で処理されるために準備される。

【 0 0 2 7 】

前処理後に、データは、共通の導線 2 5 を介して車両モデル／推定装置 3 0 へと伝達される。この車両モデル／推定装置 3 0 において、前処理済データは、測定することができない状態を推定するためと、事故再現理論で関係する車両に作用する力および他の変数を計算するために用いられる。さらに、導線 2 5 上の前処理済データは、車両のセンサ情報の既存の冗長性を用いて補強される。

【 0 0 2 8 】

車両モデル／推定装置 3 0 において車両モデルと推定の計算を実行した後、データは内部双方向バス 3 5 に書き込まれ、メモリ 4 0 に保存される。このメモリ 4 0 としては、たとえば F L A S H - R O M または E E P R O M などのような不揮発性メモリを用いても、あるいは揮発性ランダムアクセスメモリ（R A M）を用いてもよい。後者の場合、メモリモジュールはデータ損失からシステムを守るように、バッテリーで保護される。事故が起こると、車両電源が遮断されるため、車両及び運転者の挙動解析システム 1 0 は、記録されたデータを失ってしまう可能性があるためである。

【 0 0 2 9 】

事故の発生後、データはインタフェース 4 5 を介してモデルベース再現装置 5 0 へ伝達され、そこで事故後の車両位置から後戻りするためのバックトラッキングアルゴリズムが実行される。さらに、車両モデル／推定装置 3 0 からの全情報が、共通の時刻管理情報に従い、順序立てられた形で設定される。

【 0 0 3 0 】

さらに、車両のワイヤハーネス 1 2 から収集された情報は、運転者が与える信

号を解析するために用いられる。これら信号は、データ前処理装置 2 0 から複数の導線 2 7 を介してメモリ 4 0 へ直接流れる。メモリ 4 0 に情報を適切に保存する動作は、マイクロプロセッサ（図 1 には図示せず）によって管理される。

【0 0 3 1】

事故についての人間の付加的な知識（人による情報）8 が、ユーザインタフェース 1 8 によってモデルベース再現装置 5 0 に入力される。事故再現の専門家にとって興味深い、人による付加的な知識とは、たとえば、警官または重要な目撃者により提供される現場気象状況、道路状態（凍結、泥砂の散乱など）、カーブ半径、または道路傾斜のような車両の周囲の環境である。集まった情報に基づいて、事故のシナリオがモデルベース再現装置 5 0 において再現され、内部バス 6 5 を介して査定装置 7 0 へ流れる。

【0 0 3 2】

この査定装置 7 0 において、事故のシナリオについての全情報が、車両の周囲の環境条件に左右される運転者および車両の挙動を査定するために処理される。

【0 0 3 3】

図 2 は、この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムのデータ前処理装置の構成を示す図である。

【0 0 3 4】

電気機器 2 からの「複数の静的状態」についての情報（ライト、ワイパー、クラクション等）は、ワイヤハーネス 1 2 を介してデータ前処理装置 2 0 に伝達される。ワイヤハーネス 1 2 からの信号レベルは、通常、車両のバッテリー電源に等しい。この信号レベルは、マイクロプロセッサ回路には高すぎるため、一般的な導線 2 1 5 を介して CPU（図 2 には図示せず）に転送するために、第 1 の信号変換部 2 1 0 において変換する必要がある。

【0 0 3 5】

CANバス 1 4、任意の他の車載データネットワーク、または ECU から得られた情報は、信号復号器 2 2 0 において復号化されなければならない。この信号復号器 2 2 0 は、供給されたデータの供給元と優先順位を得るために、CAN識別子を解読する。

【0036】

信号復号器 220 での解読後、信号は導線 225 を介してデジタルフィルタ 240 に伝達され、このデジタルフィルタ 240 は、高周波ノイズを除去するために解読したデータをローパスフィルタリングする。このデジタルフィルタ 240 は、必要な処理速度に応じてデジタル信号プロセッサ (DSP: Digital Signal Processor) またはマイクロコントローラで実施することができる。このデジタルフィルタ 240 は、内部バス 245 によって CPU (図 2 には図示せず) に接続される。

【0037】

エアバッグシステムのような車両サブシステムからの付加情報 6 は、一組の導線 16 を介して第 2 の信号変換部 230 に入力される。また、第 2 の信号変換部 230 は、CPU で処理するために信号を変換する。さらに、一組の導線 16 からの信号がアナログ信号の場合には、信号レベルはアナログ／デジタル変換器 (ADC: Analog to Digital Converter) 260 のマージンの利用を最適にするように変換される。この第 2 の信号変換部 230 により変換された信号は、導線 235 を介してフィルタ 250 に入力され、エイリアス除去フィルタリングされる。このフィルタリングされた信号が導線 255 を介して、ADC 260 に送られ、ここで信号はデジタル化される。デジタル化された信号は、ADC 260 から導線 265 を介して CPU に転送される。一方、導線 275 を介して CPU に直接伝達される信号は、ABS 動作状態判別信号のように静的状態であり、フィルタリングも AD 変換もする必要がない。

【0038】

図 3 は、この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの車両モデル／推定装置の構成を示す図である。

【0039】

変換およびフィルタリングされた車載データネットワークからの信号が、内部バス 245 を介して車両モデル／推定装置 30 に供給される。この車両モデル／推定装置 30 は、1 つまたは複数のマイクロプロセッサ上で実行されるアルゴリズムで動作する。結果を他のサブシステムで処理できるようなより良い概観を提

供するために、図3に示す種々のサブシステム（310、315、320、325、330、335、340、345、350、360）が矢印によって接続される。これらの矢印は、車両モデル／推定装置30の構成要素（サブシステム）間の信号の流れを示す。実際には、これらのサブシステムは、レジスタおよび／または外部メモリから必要な入力を得て、かつ、それらの計算結果をレジスタおよび／または1つまたは複数のマイクロプロセッサ（図3には図示せず）によってアドレス指定された外部メモリに保存する。

【0040】

車速推定器310は、導線312を介して車両の重心（C o G : center of gravity）における対地速度を出力するために、内部バス245からの車輪速および前後方向（longitudinal）の加速度信号を用いる。これは1つのブロックで示され、車両における冗長情報を用いてより正確なデータを処理する。この車速推定器310は、図5でより詳細に説明する。

【0041】

垂直方向の力サブシステム315は、車両の重心（C o G : center of gravity）に近接して取り付けられた加速度センサからの前後方向（longitudinal）および横方向の加速度により、垂直方向の車輪の力を求めるアルゴリズムを含む。車輪に垂直方向に作用する力は、転がり摩擦サブシステム330、車輪モデルサブシステム340、及び摩擦推定器350の入力として必要であり、一組の導線316を介してこれらのサブシステムへ供給される。垂直方向の車輪の力に関する方程式の詳細な導出は、非特許文献3において見ることができる。

【0042】

駆動モデルサブシステム320は、内部バス245を介して提供されるエンジン回転数およびスロットル開度を処理し、車重推定器345において必要とされる被駆動車輪にかかる駆動トルクを、導線321を介して出力する。この駆動モデルサブシステム320は、図7により詳細に示される。

【0043】

ステアリングモデルサブシステム325は、運転者のステアリング入力（ハンドル角）と、導線326に供給される出力、すなわち車輪の操舵角との関係を示

すサブシステムである。ステアリングモデルサブシステム 325 は、入力角と出力角との間の伝達率 (transmission factor) を含む。このサブシステムをより正確に記述するためには、ハンドルの固さおよび車輪に横方向に作用する力も同様に考慮し得る。このステアリングモデルサブシステム 325 の詳細な記述は、基礎となる方程式の構成とともに、非特許文献 5 において見ることができる。

【0044】

転がり摩擦サブシステム 330 において、垂直方向の力サブシステム 315 において計算される車輪に垂直方向に作用する力、ならびに車速推定器 310 から推定される C o G 速度は、転がり摩擦抵抗を得るために処理され、導線 331 を介して車重推定器 345 に供給される。この転がり摩擦サブシステム 330 において転がり抵抗を求める基礎となる方程式は、非特許文献 4 に記載される近似方程式である。これは、車速、車輪に垂直方向に作用する力、および経験的実験において求めたいくつかの固有の転がり抵抗係数を含む四次多項式である。

【0045】

道路勾配および風力サブシステム 335 は、道路勾配および風力を求めるユニットである。これら両方の影響は、力の平衡を設定する際に考慮されなければならない。道路勾配は、車重推定器 345 へ、かつ導線 336 を介して非線形状態空間モデルサブシステム 360 へ転送される。導線 337 は、道路勾配および風力サブシステム 335 において計算された風力を車重推定器 345 と非線形状態空間モデルサブシステム 360 に供給する。その結果、道路勾配は、内部バス 245 を介して得られる車輪速および前後方向の加速度によって処理される。前後方向の加速度と、車輪速の導関数（すなわち車輪加速度）との間に導出される結果は、道路勾配によって発生する加速度センサの誤った向きによるものである。風速は、導線 312 を介して供給される力と車両の C o G 速度と力の二次関係式によって計算される。

【0046】

車両モデル／推定装置 30 の重要なサブシステムの 1 つは、車輪モデルサブシステム 340 である。2 組の導線 341 および 342 を介して出力される前後方向および横方向の車輪の力に加えて、タイヤの横すべり角 (T S S A : tire sid

e slip angle) が計算される。このタイヤの横すべり角は、事故再現において重要な測定不可能な基本変数である。このタイヤの横すべり角を解析することで、オーバーステアまたはアンダーステアの運転状況がわかる。タイヤの横すべり角が車輪モデルサブシステム 340 において求められ、一組の導線 343 を介して出力されるのはそのためである。この車輪モデルサブシステム 340 は、内部バス 245 を介して得ることができる前処理済ヨーレート信号、導線 312 を介して得られる C o G 速度、一組の導線 316 からの車輪に垂直に作用する力、導線 326 を介して得られる車輪の操舵角、及び導線 371 を介して得られる車体横すべり角 (V B S S A : vehicle body side slip angle) を用いる。この車体横すべり角は、非線形状態空間モデルサブシステム 360 の非線形観測器 370 において計算される。この車輪モデルサブシステム 340 は、図 6 において詳細に示される。

【0047】

ある車両が過荷重であるか否かを推論するためには、実際の車重を知ることが望ましい。車重推定器 345 において再帰的最小二乗 (R L S : recursive least squares) 推定が実行され、導線 346 に車重を出力するのはそのためである。この R L S 推定法は、リアルタイムで変数を推定する一般的な手段であり、そのため、同定および推定理論に精通した者にはよく知られている。計算による可能性に応じて、基本的には操作変数法や最尤法などの他のパラメータ推定法も適用することができる。車重推定器 345 において実施される質量推定方程式は、C o G における力の平衡から導出される。駆動モデルサブシステム 320 によって導線 321 を介して供給される駆動力に加えて、抵抗力も処理されるのはそのためである。後者は、導線 331 を介して (転がり摩擦サブシステム 330 から)、ならびに導線 336 および 337 を介して (道路勾配および風力サブシステム 335 から) 得ることができる。さらに、導線 312 を介する C o G 速度が必要である。基礎となる力の平衡ならびに R L S 法は、非特許文献 3 に記載される。

【0048】

摩擦推定器 350 は、垂直方向の力サブシステム 315 において計算され、導

線 316 を介して供給される車輪に垂直方向に作用する力、ならびに内部バス 245 を介して得ることができる前後方向の加速度および車輪速を用いる。これらの情報は、2つの車軸上の個々の摩擦係数を得るために処理される。摩擦係数は、車輪におけるトルク平衡および C o G での力の平衡によって求められる。結果として得られる一組の一次方程式を解くことにより、摩擦係数が提供される（詳細な導出については非特許文献 3 を参照）。一对の導線 351 を介して供給される摩擦係数は、車両及び運転者の挙動解析システム 10 の基本変数を示すが、直接測定することはできない。摩擦係数を知ることは、車両及び運転者の挙動解析システム 10 について定義される必要性の 1 つである、車両の周辺環境についての情報を有することを意味する。

【0049】

車体横すべり角（VBSSA）を求めるために、状態空間モデル 365 は、非線形状態空間モデルサブシステム 360 において設定される。この車体横すべり角は、事故再現理論における基本変数でもある。これを標準的な車両で測定するためには、多大な努力が必要である。それゆえ、車体横すべり角を、導線 371 へ出力するとともに、車輪モデルサブシステム 340 へ出力する観測器 370 によって求めなければならない。この非線形状態モデルサブシステム 360 は、状態空間モデル 365 と非線形観測器 370 を含み、図 4 に詳細に記載される。

【0050】

図 3 に示す車両モデル／推定装置 30 は、測定不可能な変数を得るための 1 つの例である。基本的に、種々のサブシステムの他の実施態様も可能である。サブシステムの境界条件に応じて多様な可能性が存在する。モデルは、車体横すべり角（導線 371）、タイヤ横すべり角（導線 343）、摩擦係数（導線 351）、重心速度（導線 312）、および車両の重量（導線 346）を求めることが可能である。さらに、横方向および垂直方向に作用する力ならびに駆動力が計算される。本モデルベースシステムが既存のイベントデータレコーダ（EDR: event data recorder）よりも多くの情報を提供可能であり、それによって事故をより正確に再現できるのは、このためである。

【0051】

図4は、この発明の実施の形態1に係る車両及び運転者の挙動解析システムの車両モデル／推定装置の非線形状態空間モデルの構成を示す図である。

【0052】

非線形状態空間モデルサブシステム360の状態空間モデル365のプロセスは、次の式(1)及び(2)のように記述される。

【0053】

【数1】

$$\dot{\underline{x}} = \underline{f}(\underline{x}, \underline{u}) \quad (1)$$

$$\underline{y} = \underline{c}(\underline{x}) \quad (2)$$

【0054】

状態ベクトル(一) \underline{x} は、測定不可能な変数、例えば車体横すべり角(VBSA)を含む。なお、(一) \underline{x} は、式(1)に示すように、 \underline{x} にアンダーラインがあることを表し、以下同様である。

【0055】

初めに、関数(一) $\underline{f}((一) \underline{x}, (一) \underline{u})$ は、重心における力およびトルクの平衡により設定される。それゆえ、測定可能な変数は測定不可能な変数に変換され、たとえばこの特定の場合では、前後方向および横方向の加速度が車体横すべり角(VBSA)との関係に置換される。最後に、式(1)および(2)は、測定不可能な状態(一) \underline{x} 、入力ベクトル(一) \underline{u} 、および測定ベクトル(一) \underline{y} の関係を含む。入力ベクトルは、たとえば前後方向の車輪の力および車輪操舵角からなる。

【0056】

非線形状態空間モデルサブシステム360の非線形観測器370は、次の式(3)及び(4)のように記述されるプロセスモデルによって構成される。

【0057】

【数 2】

$$\dot{\hat{\underline{x}}} = \underline{f}(\hat{\underline{x}}, \underline{u}) + \underline{L}(\hat{\underline{x}}, \underline{u}) \cdot (\underline{y} - \hat{\underline{y}}) \quad (3)$$

$$\hat{\underline{y}} = \underline{c}(\hat{\underline{x}}) \quad (4)$$

【0058】

プロセスの開始状態 (一) \underline{x}_0 とモデルの開始状態 (一) (ハ) \underline{x}_0 は異なるため、測定されたベクトル (一) \underline{y} と推定測定ベクトル (一) (ハ) \underline{y} には差があるであろう。なお、(一) (ハ) \underline{x} は、式 (3) に示すように、 \underline{x} にアンダーラインがあり、かつ \underline{x} の上にハットがあることを表し、以下同様である。

【0059】

差 (一) $\underline{y} -$ (一) (ハ) \underline{y} は、行列 (一) \underline{L} に加えられ、モデルにフィードバックされ、結果として式 (3) および (4) が得られる。測定不可能な状態空間ベクトル (一) \underline{x} を正確に推定するために、推定状態空間ベクトル (一) (ハ) \underline{x} は (一) \underline{x} に等しくならねばならない。換言すると、(一) \underline{x} と (一) (ハ) \underline{x} との差は 0 にならねばならない。これは、推定誤差が長いタイムディスタンスで 0 になるように、行列 (一) \underline{L} の要素を選択することによって達成され得る。(一) \underline{L} の要素を求める方法、制御技術分野の専門家には既知である。

【0060】

状態空間モデル 365 は、線形または非線形に設定され得る。前者の場合、単純なルーエンバーガー (L U E N B E R G E R) 観測器が、(一) \underline{L} の要素を提供する。後者の場合、たとえば Z E I T Z による非線形観測器を実施する必要がある。後者の方法は、非特許文献 3 に詳細に記載され、非線形 4 輪状態空間モデルが導入されている。測定不可能な状態ベクトル (一) \underline{x} の推定ベクトル (一) (ハ) \underline{x} は、非線形状態空間モデルサブシステム 360 の出力である。非線形観測器 370 により、事故再現理論において重要な変数として車体横すべり角 (V B S S A) を求めることができる。

【0061】

図 5 は、この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの

車両モデル／推定装置の車速推定器の構成を示す図である。

【0 0 6 2】

車速推定器 3 1 0 は、マイクロプロセッサ上で実行されるアルゴリズムで動作する。したがって、サブシステム 3 1 0 0、3 1 0 1、3 1 0 4、3 1 0 8、3 1 1 0 の出力は、1 つまたは複数のマイクロプロセッサ内のレジスタ、および／または 1 つまたは複数のマイクロプロセッサにアドレス指定された外部メモリに書き込まれる。この車速推定器 3 1 0 に関するより良い構造および概観を提供するために、機能ブロック図により、システム内の信号の流れについて説明する。実際は、レジスタバンクおよび／または外部メモリの内容を意味する矢印は中間結果であり、最終の結果もまた次の処理のために書込まれる。

【0 0 6 3】

前後方向の加速度および車輪速が内部バス 2 4 5 から得られる。車速推定器 3 1 0 は、より確実な車両の重心速度を、実際の運転状況によって決定するために、加速度および車輪速の冗長情報を用いる。ハードブレーキングや加速状況においては、スリップのため車輪速情報は確実ではない。信号不良が生じる場合もある。加速度信号は、通常、雑音を含み、オフセットおよび／またはオフセットドリフトを受けやすい。運転状況に従って、各センサは多少の重み付けがされる。信号をファジィシステムに加える前に、それら信号を前処理して、系統誤差を排除しなければならない。

【0 0 6 4】

車輪速変換サブシステム 3 1 0 0 は、個々の車輪位置の速度を車両の重心位置の速度に変換し、それゆえ外輪が内輪よりも速くなるカーブでの運転操作による誤差を排除する。加速度信号は、加速度修正サブシステム 3 1 0 1 において修正される。この場合、道路勾配による系統誤差を除去しなければならない。一組の導線 3 1 0 2 上に出力される変換済みの車輪速はサブシステム 3 1 0 4 に入力され、ここでは、変換済みの車輪速間の最大偏差が計算され、同時に最新のサンプリングステップにおける車輪速と推定 C o G 速度との間の速度差 Δv_{Rij} が計算される。

【0 0 6 5】

この結果、最大偏差 Δ_{max} は、ある特定の時点における 4 つの車輪速値のうちの最高値と最低値との差となる。したがって、最大偏差 Δ_{max} は概して車輪速の信頼度の測度であり、一方、速度差 Δv_{Rij} は、個々の車輪についてのスリップの測定量となる。速度差は、一組の導線 3106 を介して伝達され、最大偏差は導線 3107 を介してファジィシステム 3108 に転送される。

【0066】

修正された加速度は、ファジィシステム 3108 への別の入力であり、導線 3103 を介してファジィシステム 3108 に供給される。特定の運転状況についての発見的知識はルールベースで実施され、ファジィシステム 3108 内の IF . . . THEN ブロックとして示される。ルールベースは、ある特定の信号がその現在の信頼度に従ってどのように重み付けされなければならないかに関する知識を含む。たとえば、車輪速は、大きなブレーキスリップによる ABS ブレーキング状況では低く重み付けされるであろう。メンバーシップ関数の選択、ルールベース、および非ファジィ化法を伴う完全なファジィシステム 3108 は、非特許文献 3 において見ることができる。

【0067】

一組の導線 3109 を介するファジィシステム 3108 の出力は、4 つの車輪速と加速度 (k_5) に対する重み係数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 k_4 を含む。重み平均サブシステム 3110 において、推定重心速度が求められる。

【0068】

【数 3】

$$\hat{v}_{CoG}(k) = \frac{\sum_{i=1}^4 k_i v_i(k) + k_5 (\hat{v}_{CoG}(k-1) + Tsax(k))}{\sum_{i=1}^5 k_i} \quad (5)$$

【0069】

CoG 速度は導線 312 を介して出力されるが、次のサンプリングステップについての速度差 Δv_{Rij} を求めるために、導線 3105 を介してサブシステム 3

104に戻る。

【0070】

車速推定器310で説明したファジィ速度推定方法は、C o G速度推定の一可能性を示すだけである。他のアプローチは、カルマンフィルタを用いるか、または全地球測位システム（GPS：Global Positioning System）のような衛星測位システムからの評価情報を用いる。非特許文献2を参照されたい。

【0071】

車輪の速度で再現を行うのは信頼度が低すぎる。そのため、C o Gの速度が、事故再現における基本変数の1つでもある。

【0072】

図6は、この発明の実施の形態1に係る車両及び運転者の挙動解析システムの車両モデル／推定装置の車輪モデルの構成を示す図である。

【0073】

車輪モデルサブシステム340は、マイクロプロセッサ上のアルゴリズムにおいて動作する。したがって、実際には、中間結果および最終結果が、マイクロプロセッサのレジスタおよび／またはマイクロプロセッサにアドレス指定された外部メモリに書き込まれる。車輪モデルサブシステム340における信号の流れについてよりわかりやすく説明するために、図6に信号の流れを矢印で表すブロック図で示す。

【0074】

車輪モデルサブシステム340は、他のサブモデルにおいて処理される情報、ならびに内部バス245からの情報を用いて、二組の導線341および342を介して前後方向および横方向に車輪に作用する力を、かつ一組の導線343を介してタイヤの横すべり角（TSSA）を出力する。

【0075】

TSSA計算サブシステム3401において、内部バス245を介して得ることができるヨーレート信号、導線312を介して車両の重心速度、導線326を介して車輪操舵角、導線371を介して車体横すべり角（VBSSA）が、タイヤ横すべり角（TSSA）を計算するために必要とされる。車輪の速度とシャー

シの速度との関係の設定は、タイヤ横すべり角計算の方程式を導く。このタイヤ横すべり角計算の一組の導線 343 を介してスリップ計算サブシステム 3404 に入力されるが、車輪モデルサブシステム 340 の出力の 1 つでもある。

【0076】

車輪接地点の速度 (VWGPC: velocity of wheel ground contact point) は、VWGPC 計算サブシステム 3402 において求められる。この車輪接地点の速度 (VWGPC) は、車輪における実速度ベクトルを示す。車輪接地点の速度は、タイヤ横すべり角 (TSSA) により、車輪面 (wheel plain) からそれる。

【0077】

この VWGPC 計算サブシステム 3402 は、TSSA 計算サブシステム 3401 と同じ入力を処理し、一組の導線 3403 を介して各車輪における車輪接地点の速度 (VWGPC) を出力する。この VWGPC は、各車輪における異なるカーブ半径を考慮すること、およびそのヨー軸を中心とした車両の動きに対する関係を築くことによって求められる。

【0078】

導線 343 を介してタイヤ横すべり角 (TSSA) と、導線 3403 における車輪接地点の速度 (VWGPC) は、スリップ計算サブシステム 3404 に入力される。このスリップ計算サブシステム 3404 で、非特許文献 1 の著者である Burckhardt の定義に基づいてスリップが計算され、導線 3405 を介して摩擦係数確定サブシステム 3406 に伝達される。

【0079】

この摩擦係数確定サブシステム 3406 において、車輪のスリップと摩擦係数との特性関係が、後者 (すなわち摩擦係数) を得るために用いられる。この関係は経験的実験において見出され、車両工学に精通する者にとって既知の近似方程式で実施された。一組の導線 3407 における摩擦係数と、一組の導線 316 を介する車輪に垂直に作用する力は、車輪の力サブシステム 3408 に入力される。

【0080】

この車輪の力サブシステム 3 4 0 8 は、一組の導線 3 4 1 を介して車輪に前後方向に作用する力を、かつ一組の導線 3 4 2 を介して車輪に横方向に作用する力を出力する。車輪の力サブシステム 3 4 0 8 は、車輪に垂直に作用する力と摩擦係数の関係を表す方程式を含む。さらに、それらの力は車輪座標系からシャーシ座標系へと変換される。

【 0 0 8 1 】

図 7 は、この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの車両モデル／推定装置の駆動モデルの構成を示す図である。

【 0 0 8 2 】

駆動モデルサブシステム 3 2 0 において、内部バス 2 4 5 を介して得ることができる前処理済エンジン回転数とスロットル開度は、エンジントルクマップサブシステム 3 2 0 1 に入力される。エンジントルクマップは、マイクロプロセッサメモリにおけるルックアップテーブルとして実施される。このエンジントルクマップサブシステム 3 2 0 1 は、導線 3 2 0 2 を介して車両のエンジントルクを出力する。

【 0 0 8 3 】

車重推定器 3 4 5（図 7 には図示せず）において実行される車輪上のトルク平衡のためには、車輪の駆動トルクが直接必要である。したがって、動力伝達機構伝達関数サブシステム 3 2 0 3 において車両の動力伝達機構（powertrain）がモデル化される。この動力伝達機構伝達関数サブシステム 3 2 0 3 において実施される動力伝達機の伝達関数は、動力伝達機の剛性および減衰を考慮するために、たとえば二次システムであり得る。伝達関数の利得は、選択されるギアに応じて適合されなければならない。駆動モデルサブシステム 3 2 0 は、導線 3 2 1 を介して車輪駆動トルクを出力する。

【 0 0 8 4 】

図 8 は、この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムのモデルベース再現装置の構成を示す図である。

【 0 0 8 5 】

インタフェース 4 5 は、車両モデル／推定装置 3 0 において求められた付加情

報と、車両で取得された情報 2、4、6 の全てを含む。モデルベース再現装置 50 の目的は、事故前後の物理変数を計算することと、当該装置内で処理されたこれら物理変数および他の全情報を、共通の時刻管理情報（ブロック 550 で示す）に統合することである。

【0086】

さらに、モデルベース再現装置 50 において、相対座標系で計算される車両の動きは、絶対座標系、いわゆる慣性座標系に、車両静止後の車両の最終位置を起点として固定される（anchored）。基本的に、再現は単独で入手可能なセンサ情報を用いて実行され得る。しかしながら、測定誤差により、再現された軌跡と「実」軌跡との間に大きな偏差が生じる結果となるであろう。

【0087】

本発明によるモデルベース再現装置 50 は、たとえばパーソナルコンピュータ上のマイクロプロセッサで実行されるアルゴリズムにおいて動作する。より良い概観を提供するために、モデルベース再現装置 50 内の信号の流れを矢印で表す。実際には、モデルベース再現装置 50 の入力信号、サブシステム 510、520、530、540 における計算の中間結果と最終結果、ならびに出力信号は、レジスタおよび／または 1 つまたは複数のマイクロプロセッサによりアドレス指定および管理される外部メモリに格納される。

【0088】

車載データネットワーク 14（図 8 には図示せず）を介して送信されるか、またはローカルマイクロプロセッサにおいて生成され、かつ導線 501 を介して得ることができる時刻管理情報は、全サブシステムに流れる。これは、時刻管理情報がインタフェース 45 を介して得ることができる複数の情報と比較する基準であり、それゆえ「いつ何が起こったか」について推論することを可能にするからである。

【0089】

一組の導線 502 は、車両の複数の静的信号を含み、導線 501 を介する時刻管理情報に加えて、信号状態再現サブシステム 510 への第 2 の入力であり、サブシステム 510 において、スイッチや電源の入り切り信号を経時的な運転者の

操作として再現され、導線 512 を介して入手可能にされる。

【0090】

軌跡再現サブシステム 520 において、経時的な車両の位置が計算される。したがって、導線 501 を介して取得された時刻管理情報に加えて、一組の導線 503 を介して取得されたデータ、複数の導線 504 を介して車両モデル／推定装置 30（図 8 には図示せず）において得られた測定不可能な変数についての付加情報、および導線 18 を介して人による情報 8 が処理される。後者の人による情報 8 は、たとえば車両の動きの起点を固定するために必要である。この起点は、車両の停止場所の位置を示す。これは、車両及び運転者の挙動解析システム 10 におけるデータの記録が事故後に停止したときに車両が位置付けられている位置である。

【0091】

例えば、警察によって起点が固定されることは、慣性座標系の固定を意味する。この地点から開始して、車両の軌跡 $(-)\ x(n) = [x(n)\ y(n)]^T$ 及び車両の向きは、二組の導線 501、503、および 504 を介して得ることができる情報を用いて、たとえば以下の式 (6)、(7) に従って再現される。

【0092】

【数 4】

$$x(n+1) = x(n) + \Delta s(n) \cdot \cos \left(\Theta(n) + \frac{\Delta \Theta(n)}{2} \right) \quad (6)$$

$$y(n+1) = y(n) + \Delta s(n) \cdot \sin \left(\Theta(n) + \frac{\Delta \Theta(n)}{2} \right) \quad (7)$$

【0093】

これは、導線 501、503、および 504 を介する情報が、 $\Delta s(n)$ および $\Delta \Theta(n)$ を正確に求めるために適切に処理されることを意味する。よって $\Delta s(n)$ は、2つの連続した位置ベクトル $(-)\ x(n)$ と $(-)\ x(n+1)$ の間の距離を表し、一方、 $\Delta \Theta(n)$ は、2つの連続した時点 n と $n+1$ の間の

車両の C o G 速度ベクトルの回転方向の動きを表す。この軌跡再現サブシステム 5 2 0 の出力は、一組の導線 5 2 2 を介して内部バス 6 5 に送信される。この出力は、車両の停止位置から事故前の指定された時間における車両の位置までの、慣性座標系における車両の軌跡および向きを含む。

【 0 0 9 4 】

車両状態変数再現サブシステム 5 3 0 は、軌跡再現サブシステム 5 2 0 と同じ入力を有し、共通の時刻管理情報に関する事故再現のために重要なパラメータおよび状態変数を一組の導線 5 3 2 を介して出力する。事故再現のために重要な変数は、たとえば、タイヤ横すべり角と、車体横すべり角と、前後方向、横方向、および車輪に垂直方向に作用する力と、対地速度である。

【 0 0 9 5 】

軌跡再現サブシステム 5 2 0 及び車両状態変数再現サブシステム 5 3 0 と同じ入力を有する車両周辺環境再現サブシステム 5 4 0 において、経時的な摩擦係数が決定され、道路およびライト状況、またはカーブ半径のような付加情報が一組の導線 5 4 2 を介して出力される。このモデルベース再現装置 5 0 において生成される全情報は、内部バス 6 5 に入力され、図 9 に示す査定装置 7 0 に送信される。

【 0 0 9 6 】

図 9 は、この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの査定装置の構成を示す図である。

【 0 0 9 7 】

物理変数が計算されるモデルベース再現装置 5 0 とは対照的に、査定装置 7 0 では、物理変数の判定が実行される。再現および査定の分割が目的ごとに行なわれる。これは、モデルベース再現装置 5 0（図 9 には図示せず）における物理変数の計算は、いかなる場合にも行なう必要があるが、査定はある特定の国における個別の法律に従って行なわれるからである。

【 0 0 9 8 】

車両の軌跡、「複数の静的状態」、目撃者の証言等の事故のシナリオについての情報は、内部バス 6 5 を介して査定装置 7 0 に供給され、さらに運転者査定サ

ブシステム 7 1 0、車両周辺環境査定サブシステム 7 2 0、車両挙動査定サブシステム 7 3 0 についての個々の査定サブシステムに供給される。

【0 0 9 9】

運転者査定サブシステム 7 1 0 において、たとえば運転者の運転が速すぎたか否かの判定が下される。しかしながら、この判定は、警察による人の情報（たとえば、事故が速度制限区域で発生したか否か等）や、国の法律の特性（たとえば、郊外の道路全般に当てはまる速度制限があるか否か等）に左右される。

【0 1 0 0】

さらに、判定は、車両挙動査定サブシステム 7 3 0 において査定される車両の挙動によって決まる。たとえば、ブレーキが故障していた場合、これは運転者の過失とはみなされない。したがって、車両と運転者の挙動との相互作用が考慮されなければならない、これは図 9 において双方向矢印 7 1 3 で示される。

【0 1 0 1】

双方向矢印 7 1 2 で示される車両周辺環境査定サブシステム 7 2 0（たとえば、「凍結道路」）と運転者の挙動との間、および車両周辺環境査定サブシステム 7 2 0 と車両の挙動（双方向矢印 7 2 3）との間の付加的な相互作用も、考慮に入れなければならない。また、査定装置 7 0 は、運転者査定サブシステム 7 1 0 による運転者の操作及び挙動と、車両周辺環境査定サブシステム 7 2 0 による車両周辺環境と、車両挙動査定サブシステム 7 3 0 による車両の挙動との関連を評価する関連評価サブシステム 7 4 0 を含む。

【0 1 0 2】

運転者または車両の誤った挙動を説明するための測度を得るために、車輪速に加えて、たとえば、車両がアンダーステアの状態であったかオーバーステアの状態であったかについて推論するために前輪と後輪の軌道上でのタイヤの横すべり角（T S S A）を得ることができる。運転者によるステアリングの入力についての情報とともに、カーブにおける運転者の挙動を査定することができる。車体横すべり角（V B S S A）および車速の比率、ならびに道路半径および車速の比率が、考慮され、かつ運転者の入力と比較されなければならない。たとえば、上記の比率についてのある特定の閾値を下回るか、または上回る場合、運転者の不適

切な挙動が検出され得る。

【0103】

車両の状態を査定するための別の例は、車輪速の解析である。たとえば、車輪速の数値が、短期間で著しい車速の低下を示すものでない場合、ABSシステムの故障という結論を下すことができ、運転者の責任は免除され得る。種々の国の個別の条例により、査定装置70は異なる境界条件に適合されなければならない。査定装置70は、事故状況の説明において優れた役割を果たす。モデルベース再現装置50（図9には図示せず）におけるモデルベース再現と同様に、車両モデル／推定装置30（図9には図示せず）は、危機的な運転状況における運転者および車両の挙動を査定装置70において正確に査定するために必要な部分である。

【0104】

図10は、この発明の実施の形態1に係る車両及び運転者の挙動解析システムの3つの異なる構成（システムアーキテクチャ）を示す図である。

【0105】

図10（a）は、いわゆる「オンラインオンボードシステム（Online-Onboard-System）」のブロック図を示す。入手可能な車両データ2、4、および6は、複数の導線12、16と車載データネットワーク14を介して、車両及び運転者の挙動解析システム10のデータ前処理装置20に入力される。

【0106】

前処理済データは、一組の導線と内部バス25を介して車両モデル／推定装置30に伝達される。車両モデル計算および推定アルゴリズムは、車両モデル／推定装置30においてリアルタイムに（「オンライン」で）実行される。双方向内部バス35は、中間結果を保存およびロードするためにメモリ40とデータを交換するためのものである。

【0107】

事故の発生後、推定および計算されたデータ、ならびに前処理済測定信号が、インタフェース45を介してモデルベース再現装置50にアップロードされる。車両モデル／推定装置30内で取得された全情報は、モデルベース再現装置50

において、共通の時刻管理情報に統合され、事故のシナリオが再現される。

【0 1 0 8】

再現された事故のシナリオは、モデルベース再現装置 5 0 から、内部バス 6 5 を介して査定装置 7 0 に入力される。この査定装置 7 0 において、車両および運転者の挙動ならびに環境条件が査定される。

【0 1 0 9】

図 1 0 (a) に示されるシステムアーキテクチャは、車両において実行されている一部分（「オンボード」） 1 0 1 により特徴付けられる。この部分は、サブシステム 2 0 におけるデータの前処理と、サブシステム 3 0 におけるリアルタイムでのモデル計算および推定を含む。また、サブシステム 5 0 において実行されるモデルベース再現と、サブシステム 7 0 における事故のシナリオの査定は、オフボードで試験所（ブロック 1 0 2）において行なわれ、車内では行なわれない。

【0 1 1 0】

図 1 0 (b) は、いわゆる「オフラインオンボードシステム (Offline-Onboard-System)」のブロック図である。車両データ 2、4、および 6 は、複数の導線 1 2、1 6 と、車載データネットワーク 1 4 を介して、車両及び運転者の挙動解析システム 1 0 のデータ前処理装置 2 0 に入力される。

【0 1 1 1】

データは、内部バス 5 5 を介してメモリ 4 0 に保存される。事故の発生後、CPU（図 1 0 (b) には図示せず）が自身をトリガして車両モデルの計算を開始し、サブシステム 3 0 においてモデルベース推定を実行する。「オフラインオンボードシステム」はリアルタイムシステムではない。双方向内部バス 3 5 により、中間結果および最終結果をメモリ 4 0 に書き込み、必要であればそれらの結果をリロードすることができる。

【0 1 1 2】

数学的計算の終了後、インタフェース 4 5 によってメモリ 4 0 からモデルベース再現装置 5 0 に車両モデル計算および推定結果がアップロードされる。モデルベース再現装置 5 0 において、取得されたデータと、車両モデル／推定装置 3 0

において判定された付加的なデータが共通の時刻管理情報に統合され、事故のシナリオが再現される。

【0 1 1 3】

再現された事故のシナリオは、内部バス 6 5 を介して査定装置 7 0 に入力される。この査定装置 7 0 において、環境条件と同じく、車両と運転者の挙動が査定される。

【0 1 1 4】

「オフラインオンボードシステム」は、サブシステム 2 0 におけるデータの前処理と、サブシステム 3 0 における車輪モデルの計算および推定をオンボードで、すなわち車内で実行する（ブロック 1 0 1）。図 1 0（a）で説明した「オンラインオンボードシステム」とは対照的に、サブシステム 3 0 における計算はリアルタイムで計算されない（「オフライン」）。また、サブシステム 5 0 におけるモデルベース再現と、サブシステム 7 0 における事故のシナリオの査定は、試験所（ブロック 1 0 2 で示す「オフボード」）で行なわれ、車内では行なわれない。

【0 1 1 5】

図 1 0（c）のブロック図に示す「オフラインオフボードシステム（Offline-Offboard-System）」は、以下のように機能する。車両データ 2、4、および 6 が複数の導線 1 2、1 6 と、車載データネットワーク 1 4 を介して車両及び運転者の挙動解析システム 1 0 のデータ前処理装置 2 0 に供給される。

【0 1 1 6】

データは、内部バス 5 5 を介してメモリ 4 0 に保存される。事故の発生後、データはメモリ 4 0 からインタフェース 3 5 を介して試験所内のパーソナルコンピュータ（P C）にアップロードされる。このパーソナルコンピュータにおいて、車両モデル／推定装置 3 0 で各計算が実行される（「オフライン」）。

【0 1 1 7】

モデル計算および推定が実行された後、その結果はインタフェース 4 5 を介してモデルベース再現装置 5 0 に入力される。このモデルベース再現装置 5 0 において、取得されたデータおよび車両モデル／推定装置 3 0 において求められた情

報が時刻管理情報に統合され、事故のシナリオが再現される。

【0118】

再現された事故のシナリオは、内部バス65を介して査定装置70に入力される。この査定装置70において、車両と運転者の挙動、ならびに環境条件が査定される。

【0119】

「オフラインオフボードシステム」もまたオンボードブロック101に分割され、これはシステムの車両にインストールされた部分を示す。この「オフラインオフボードシステム」では、データ前処理装置20と、メモリ40への測定および前処理済データの保存行為のみがブロック101においてオンボードで実行される。また、車両モデルおよび推定計算と、モデルベース再現と、事故のシナリオの査定は試験所で行なわれ、これはブロック102における「オフボード」を意味するものであり、リアルタイムではない（「オフライン」）。

【0120】

これにより、図10（c）の「オフラインオフボードシステム」は、図10（a）に示す「オンラインオンボードシステム」および図10（b）に示す「オフラインオンボードシステム」と区別され、後者ではモデルベース再現および査定のみが車外（オフボード）で行なわれる。

【0121】

【発明の効果】

この発明に係る車両及び運転者の挙動解析システムは、以上説明したとおり、車両モデル／推定装置によって、車両の挙動を表す微分方程式の解が得られるだけでなく、推定手法を用いて車両の挙動状態、および車重など車両に搭載されるセンサでは測定不可能な変数を求めることができ、事故等の危険な運転状況を定量的に解析するために必要な情報を記録することができるという効果と、さらに、査定装置によって運転者の挙動、車両の挙動、環境条件の相互関係を明らかにでき、交通規則違反の証明、または必ずしも事故に至らなかった不安定な運転状況の解析の手段としても使用することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの構成を示す図である。

【図 2】 この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムのデータ前処理装置の構成を示す図である。

【図 3】 この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの車両モデル／推定装置の構成を示す図である。

【図 4】 この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの車両モデル／推定装置の非線形状態空間モデルの構成を示す図である。

【図 5】 この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの車両モデル／推定装置の車速推定器の構成を示す図である。

【図 6】 この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの車両モデル／推定装置の車輪モデルの構成を示す図である。

【図 7】 この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの車両モデル／推定装置の駆動モデルの構成を示す図である。

【図 8】 この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムのモデルベース再現装置の構成を示す図である。

【図 9】 この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの査定装置の構成を示す図である。

【図 10】 この発明の実施の形態 1 に係る車両及び運転者の挙動解析システムの 3 つの異なる構成を示す図である。

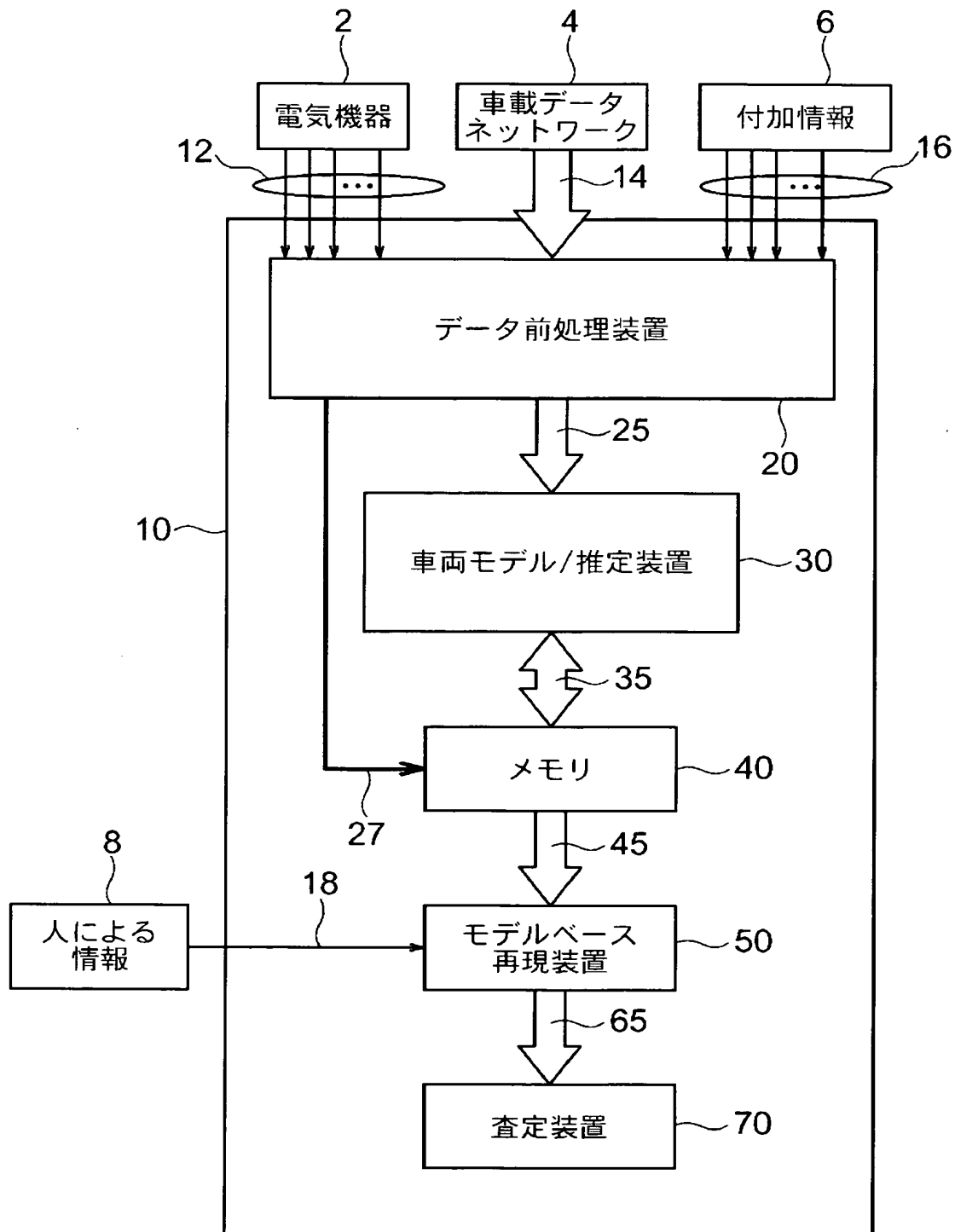
【符号の説明】

2 電気機器、4 車載データネットワーク、6 付加情報、8 人による情報、10 システム、20 データ前処理装置、30 車両モデル／推定装置、40 メモリ、50 モデルベース再現装置、70 査定装置、210 第 1 の信号変換部、220 信号復号器、230 第 2 の信号変換部、240 デジタルフィルタ、250 フィルタ、260 アナログ／デジタル変換器、310 車速推定器、315 垂直方向の力サブシステム、320 駆動モデルサブシステム、325 ステアリングモデルサブシステム、330 摩擦サブシステム、335 道路勾配および風力サブシステム、340 車輪モデルサブシステム、

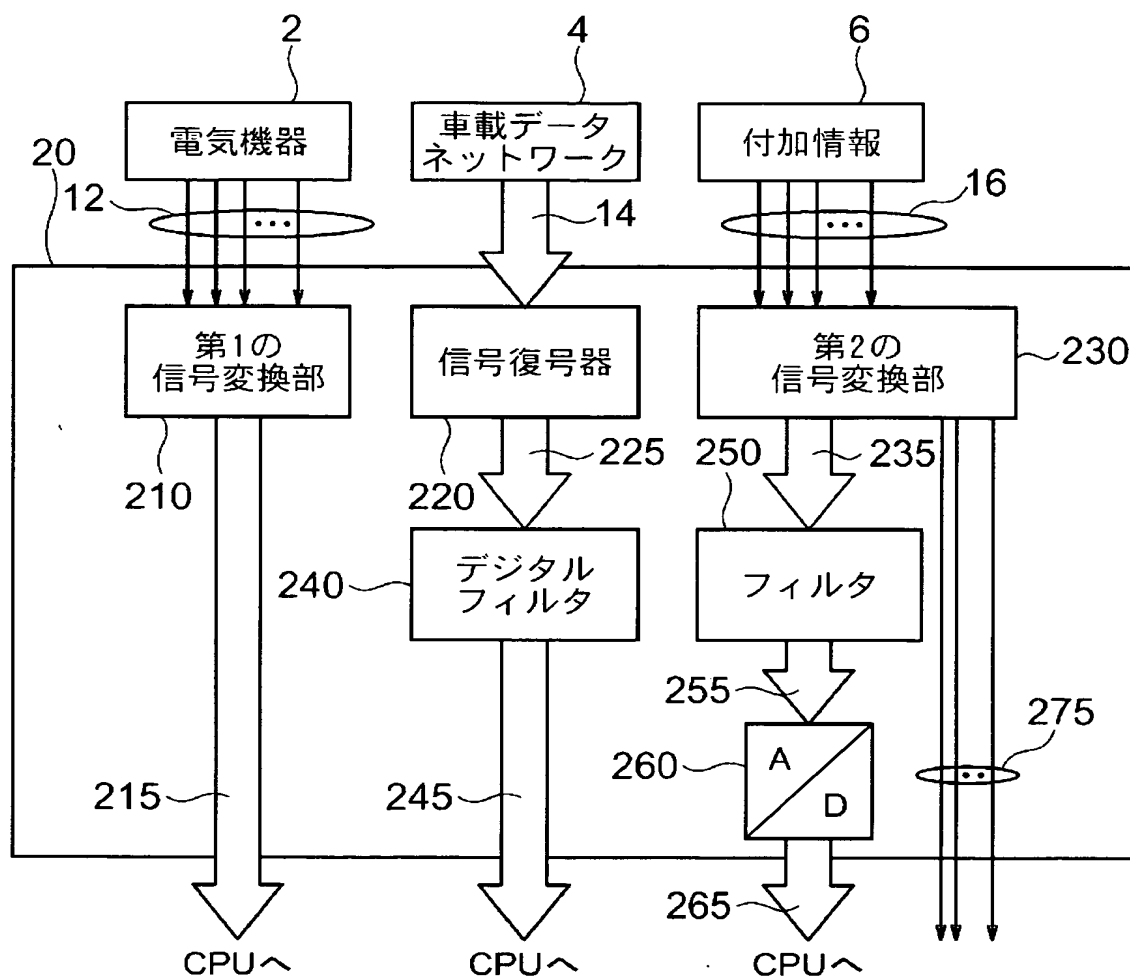
3 4 5 車重推定器、3 5 0 摩擦推定器、3 6 0 非線形状態空間モデルサブシステム。

【書類名】 図面

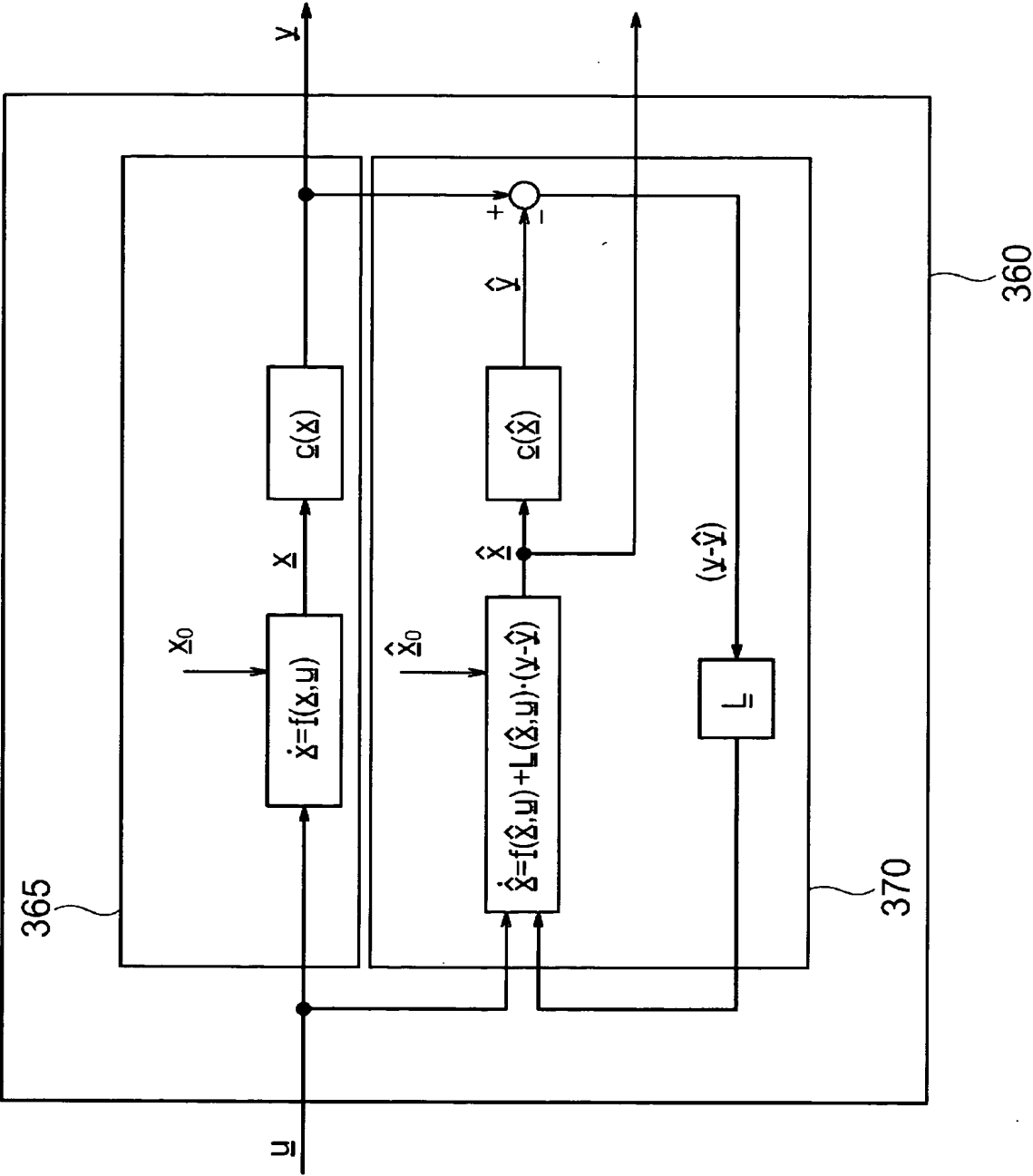
【図 1】



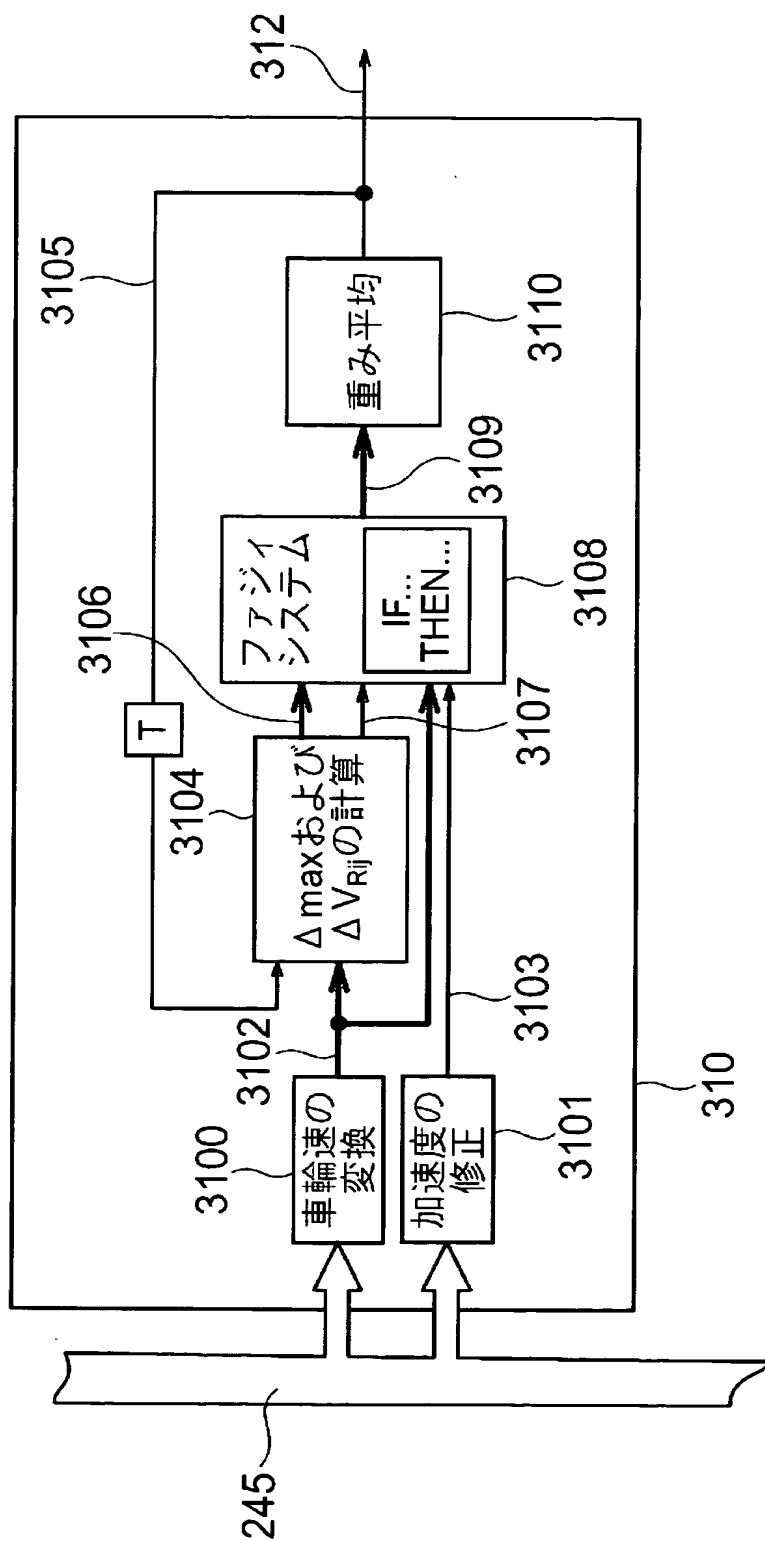
【図 2】



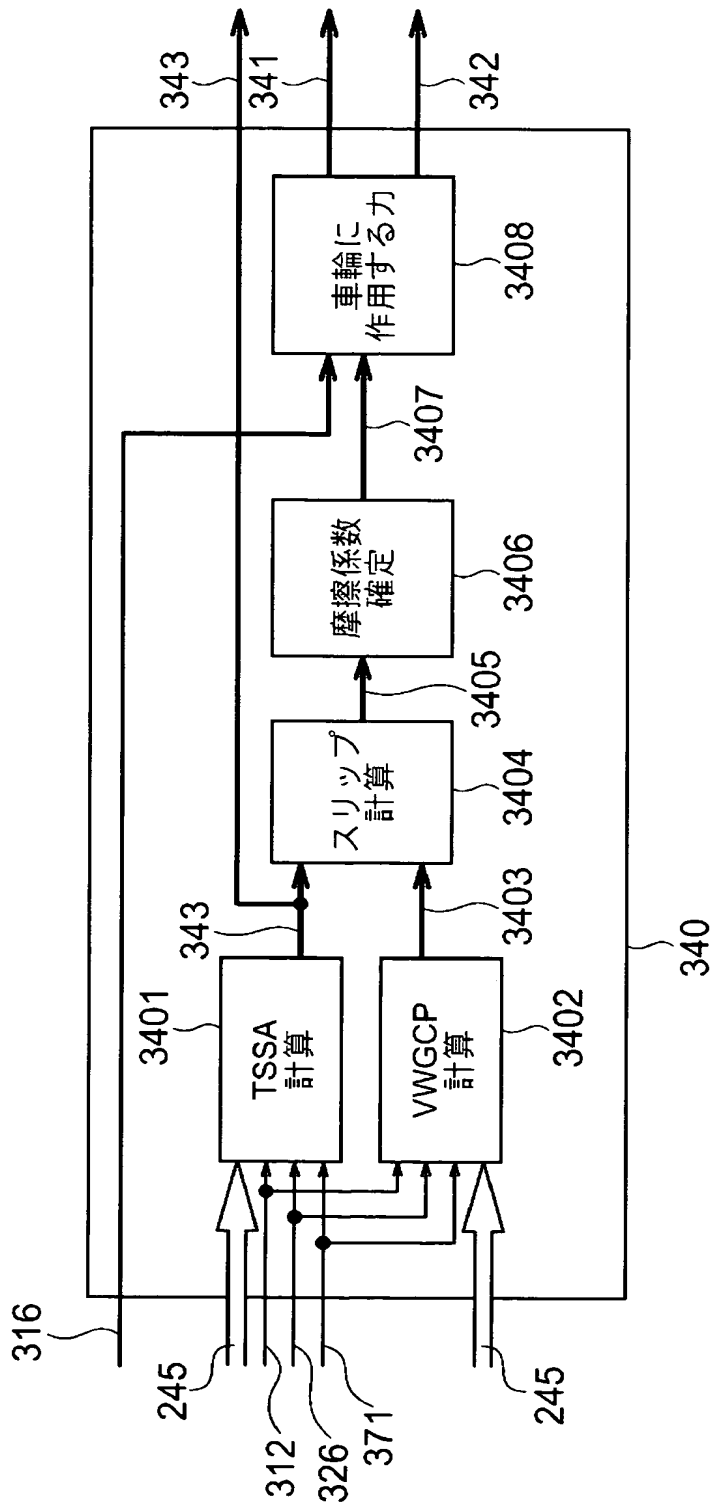
【図 4】



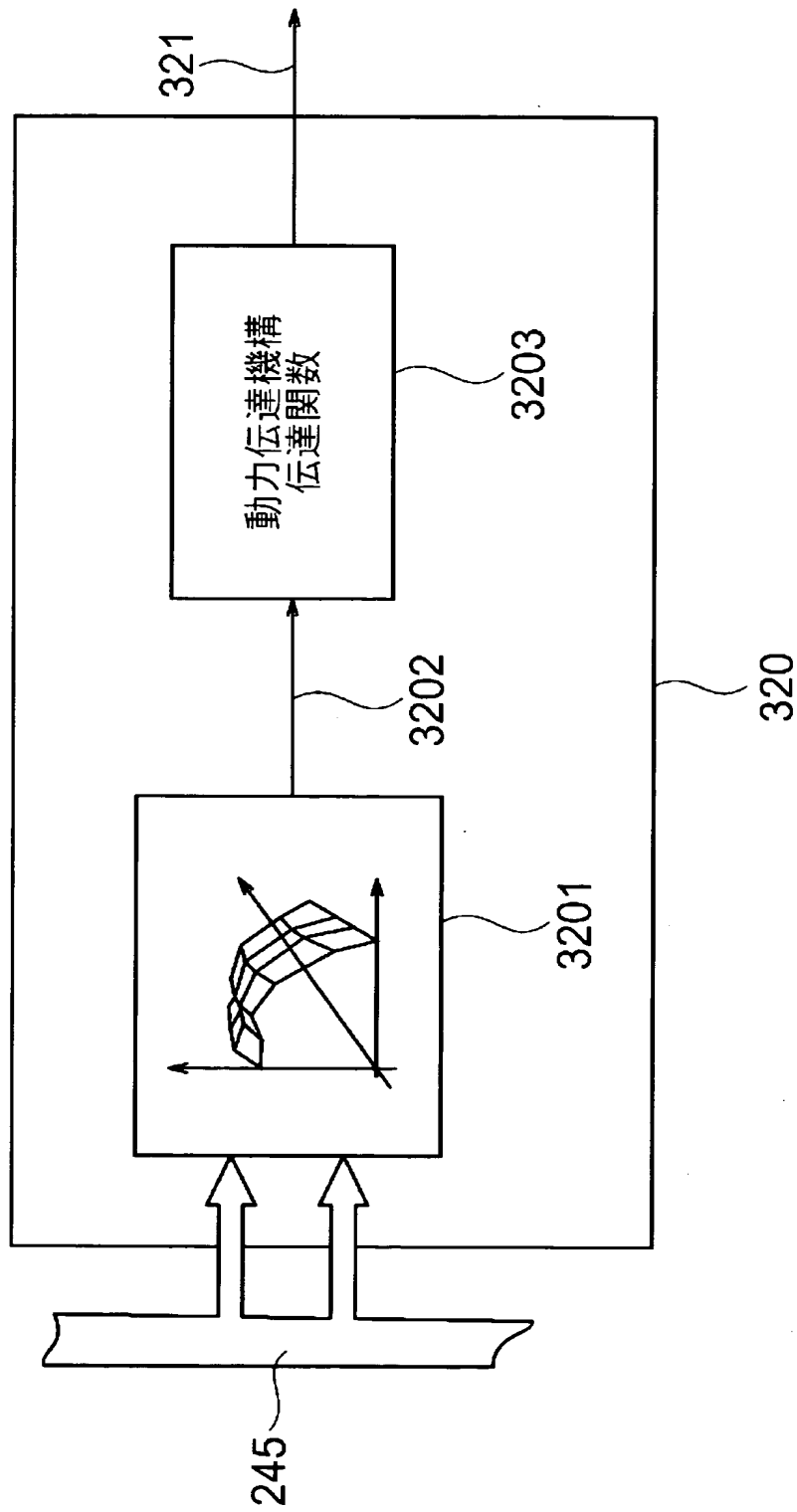
【図 5】



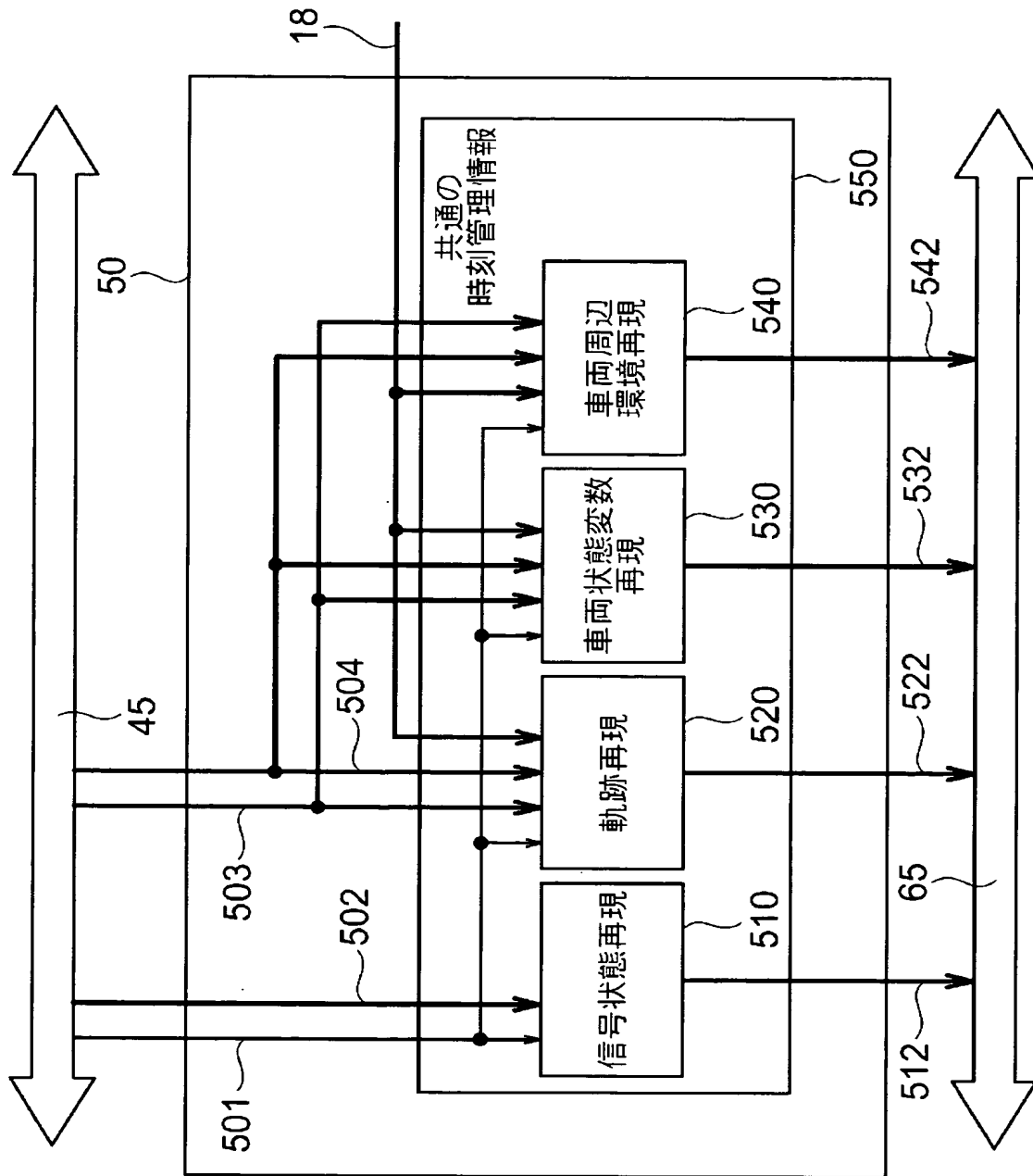
【図 6】



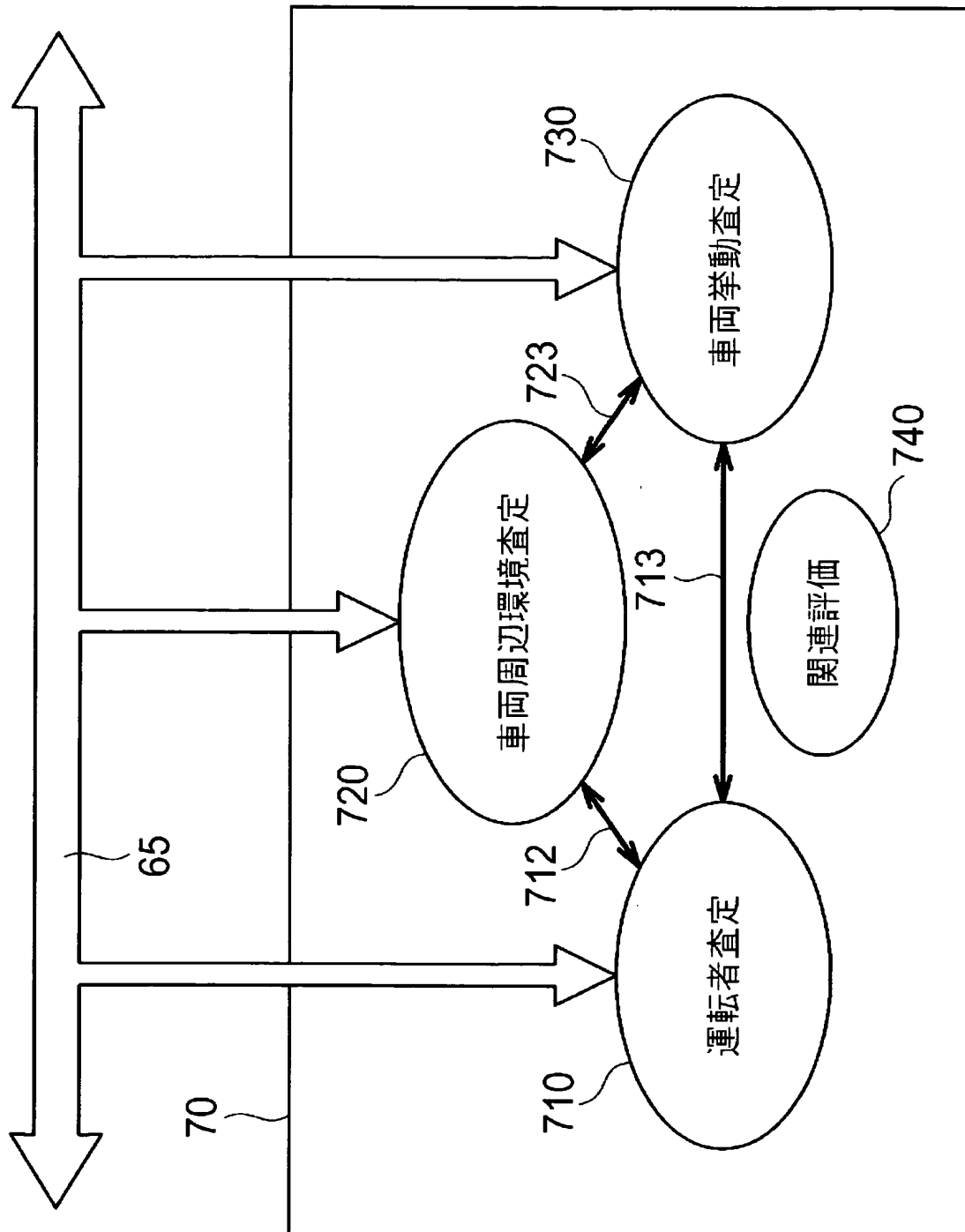
【図 7】



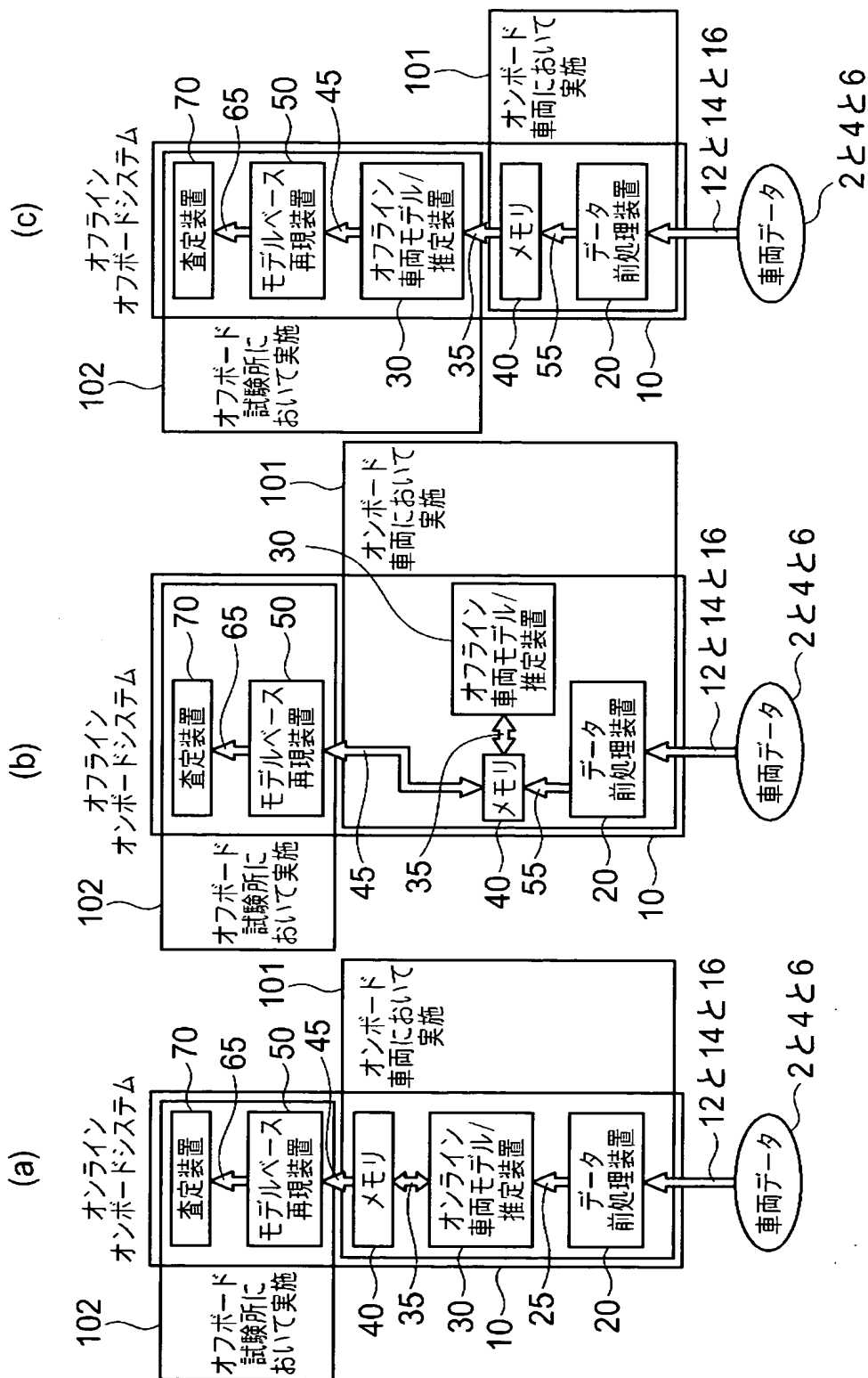
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来のシステムでは、事故等の危険な運転状況を定量的に解析し評価するために必要な全ての情報を記録することができないという課題があった。

【解決手段】 車載電気機器 2 の動作情報、車載データネットワーク 4 を介して得られるデータ、及び車両を構成する電気装置から得られる付加情報を内部で演算可能な形式に変換を行うデータ前処理装置 20 と、前処理済データに基づいて車両搭載センサでは測定できない変数を推定する車両モデル／推定装置 30 と、前処理済データ、及び前記車両モデル／推定装置からの推定された変数を共通の時刻管理情報に統合して事故のシナリオを再現するモデルベース再現装置 50 と、前記モデルベース再現装置により再現された事故のシナリオに基づいて車両、及び運転者の挙動を査定する査定装置 70 とを有する。

【効果】 事故等の危険な運転状況を定量的に解析するために必要な情報を記録することができる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 5 3 1 8 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 0 1 3]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

氏 名

三菱電機株式会社